中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）33(2)：109～116（1984）

# 水稻葉面積指數與產量之關係[1]

蔡　　　金　　　川[2]

**摘要**：以秈稉稻各十五個品種於本所試驗田在自然環境下分一、二期作進行試驗，試驗結果顯示秈稉稻之中、晚熟品種一、二期作之葉面積指數皆於孕穗期最大，而隨着生育期之後移而遞減。一期作稉稻早熟品種亦於孕穗期葉面積指數最大，但二期作則移至抽穗期才達到高峯。一、二期作秈稉之早熟品種有些於孕穗期葉面積指數最大，有的於抽穗期達到高峯。

秈稉稻孕穗後各生育時期期作間之葉面積指數皆差異極顯著。稉稻品種間除了二期作乳熟期之外，其他各生育時期皆差異極顯著。秈稻品種間在一期作抽穗後各生育時期皆差異極顯著，而二期作只在孕穗期及抽穗期差異顯著。

一、二期作秈稉稻於孕穗期之葉面積指數與穗數或一穗穎花數具顯著之正相關，而兩期作之秈稉稻抽穗後各生育時期葉面積指數與產量或千粒重亦有顯著之正相關；因此水稻孕穗期至穀粒充實期充分的葉面積指數應可提高一、二期作稻穀產量。

水稻個體乾物質約百分之九十爲碳水化合物，而碳水化合物主要由葉片的光合作用所形成，因此水稻的葉片可喻爲生產碳水化合物的工廠。津野[4]指出水稻的物質生產量爲葉面積指數與葉的生產效率（efficiency）之乘積，又松島[6]認爲水稻產量之百分之九十左右決定於抽穗後的同化生產物。如何使水稻抽穗後之穀粒充實期保持適當的葉面積指數，即緩和減少葉面積指數的下降，使光合成能力不致於大幅度減退，乃提高水稻產量有力途徑之一。

本試驗以秈稉稻30個品種爲試驗材料，分別於一、二期作在自然環境下進行試驗，調查水稻自孕穗後各生育時期葉面積指數變化的情形，比較品種間的差異，並探討葉面積指數與產量及產量構成要素之關係，以供栽培者與育種家之參考。

## 材料與方法

本試驗自民國69年第二期作開始，至第一作完成，於臺中縣霧峰鄉本所試驗田進行，供試品種秈稉稻各十五個品種（表1）。採用裂區試驗設計，以採樣時期爲主試因，品種爲副試因，每小區8行，每行8叢，行株距 25×20 cm，重複三次。肥料用量：硫酸銨，過磷硫鈣及氯化鉀一期作分別爲 640, 320, 90 kg/ha，二期作爲 580, 250, 85 kg/ha，其他田間管理按一般管理法。

水稻生育期間於孕穗、抽穗、乳熟及糊熟四時期分別自田間採三小區十八叢之稻株，以葉面積自動測定儀測葉面積，然後整株置於 100°C 通風乾燥箱1－2小時後，再以 80°C 處理至完成乾燥，秤量全乾物重，並於收穫期測定產量與產量構成要素。

---

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1152 號。

2.本所農藝系技士。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

## 結果與討論

表 1 所列之早、中、晚熟品種在一期作之全生育日數分別為96～100、101～120及120天以上，二期作分別為95天以下、96～100及101天以上。

由表 1 可知秈稉稻30個品種在孕穗期及孕穗後各生育期之葉面積指數變化情形，除一、二期作秈稻早熟品種與一期作稉稻早熟品種外，其他兩期作秈稉稻之中，晚熟品種皆於孕穗期葉面積指數最大，然後隨着各生育期之後移而遞減。但一期作秈稻早熟品種包葉菊與夾葉青以及二期作秈稻早熟品種矮腳南特及稉稻早熟品種臺中 186 號等四個品種移至抽穗期葉面積指數才達高峯。

表1. 水稻品種各生育期之葉面積指數

**Table 1.** Leaf area index (LAI) at various growth stages in 30 rice varieties

| Cultivar | 1st Crop | | | | 2nd Crop | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | booting stage | heading | milk-ripe stage | dough-ripe stage | booting stage | heading | milk-ripe stage | dough-ripe stage |
| Japonica Early Taichung 186 (臺中186號) | 4.36 | 3.97 | 3.08 | 3.00 | 3.10 | 3.24 | 2.96 | 2.86 |
| Kaohsiung sel (高雄選 1 號) | 4.75 | 4.58 | 3.79 | 2.65 | 3.40 | 3.59 | 2.72 | 2.40 |
| Toyonishiki (豐錦) | 4.85 | 4.44 | 3.60 | 2.83 | 3.48 | 3.62 | 2.95 | 2.48 |
| Medium Taipei 309(臺北309號) | 4.90 | 4.64 | 3.93 | 3.58 | 3.50 | 3.36 | 2.69 | 1.95 |
| Tainung 62 (臺農62號) | 4.88 | 4.53 | 4.03 | 3.63 | 3.08 | 3.01 | 2.90 | 1.90 |
| Tainung 67 (臺農67號) | 5.07 | 4.59 | 3.89 | 3.21 | 3.62 | 3.37 | 3.12 | 2.90 |
| Chianung 242 (嘉農242號) | 4.68 | 3.91 | 3.21 | 2.80 | 3.30 | 3.21 | 2.87 | 2.52 |
| Tainan 5 (臺南 5 號) | 4.45 | 4.21 | 3.63 | 3.50 | 3.95 | 3.41 | 3.06 | 2.82 |
| Tainan 6 (臺南 6 號) | 4.73 | 4.12 | 3.55 | 2.87 | 3.46 | 3.33 | 2.86 | 2.71 |
| Kaohsiung 139 (高雄139號) | 4.83 | 4.63 | 3.49 | 2.87 | 3.42 | 3.39 | 2.80 | 2.76 |
| Late Hsinchu 56 (新竹56號) | 4.71 | 4.10 | 3.65 | 2.92 | 3.06 | 2.97 | 2.70 | 1.76 |
| Taichung 65 (臺中65號) | 4.62 | 4.29 | 3.84 | 3.02 | 3.29 | 2.88 | 2.74 | 2.30 |
| Chianan 8 (嘉南 8 號) | 4.84 | 4.06 | 3.35 | 2.85 | 3.27 | 3.17 | 2.85 | 2.70 |
| Kaohsiung 140 (高雄140號) | 5.07 | 4.04 | 3.82 | 2.96 | 3.29 | 2.89 | 2.78 | 2.30 |
| Taitung 29 (臺東29號) | 5.11 | 4.66 | 3.76 | 3.42 | 3.57 | 3.35 | 3.04 | 2.77 |
| Indica Early Pao-yeh-tzu (包葉菊) | 4.02 | 4.24 | 3.18 | 2.80 | 4.47 | 3.52 | 2.97 | 2.50 |
| Ai-Chio-nan-te (矮腳南特) | 4.53 | 4.39 | 3.15 | 2.37 | 3.12 | 3.27 | 2.79 | 2.29 |
| Chia-Yeh-Ching 8(夾葉青8號) | 4.67 | 4.80 | 3.50 | 2.85 | 3.61 | 3.56 | 3.08 | 2.58 |
| Chen-tzu-ai 11 (珍珠矮11號) | 4.91 | 4.58 | 3.32 | 2.58 | 3.20 | 3.33 | 2.70 | 2.03 |
| Nan-tsao 32 (南早32號) | 4.96 | 4.64 | 3.58 | 2.45 | 3.62 | 3.48 | 2.88 | 2.38 |
| Medium Hsinchu-ai-chuch-chien (新竹矮腳尖) | 4.60 | 4.28 | 3.31 | 2.68 | 3.55 | 3.15 | 2.82 | 1.77 |
| Taichung Native 1(臺中再來1號) | 5.45 | 4.90 | 3.70 | 3.01 | 3.90 | 3.30 | 3.03 | 2.57 |
| Taichung Sen 2 (臺中秈 2 號) | 4.28 | 4.16 | 3.03 | 2.72 | 4.15 | 3.18 | 2.61 | 1.76 |
| Taichung Sen 10 (臺中秈10號) | 5.18 | 4.56 | 3.80 | 3.33 | 4.42 | 4.20 | 3.34 | 2.90 |
| Chianung Sen 8 號(嘉農秈8號) | 4.78 | 4.44 | 3.83 | 3.52 | 4.05 | 3.37 | 2.92 | 2.38 |
| Chianung Sen 11號(嘉農秈11號) | 5.14 | 4.61 | 3.88 | 2.97 | 5.03 | 4.25 | 3.25 | 2.82 |
| Tainung Sen 12 號(臺農秈12號) | 4.83 | 4.71 | 3.92 | 3.20 | 3.39 | 3.28 | 3.18 | 2.93 |
| Kaohsiung Sen 7 (高雄秈 7 號) | 5.12 | 5.02 | 4.01 | 3.16 | 3.89 | 3.30 | 3.08 | 2.76 |
| Late Taichung Sen 3(臺中秈3號) | 5.38 | 4.73 | 3.90 | 3.43 | 3.83 | 3.72 | 3.15 | 2.68 |
| Chianung Sen 6 (嘉農秈 6 號) | 4.82 | 4.30 | 3.53 | 2.53 | 3.45 | 3.29 | 2.50 | 2.22 |

表2. 水稻各生育期葉面積指數之變方分析

**Table 2.** Analysis of Variance for leaf area index (LAI) at various growth stages in rice plants

| Source of Variiation | | dy | F | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | booting stage | heading stage | milk-riipe stage | dough-ripe stage |
| Crop season | | 1 | 141.1416** | 195.3402** | 118.0377** | 33.9402** |
| Error | | 58 | — | — | — | — |
| Total | | 59 | — | — | — | — |
| Japnoica type | | | | | | |
| 1st Crop | Block | 2 | 0.7247 | 0.5617 | 2.0669 | 15.7966** |
| | Variety | 14 | 5.3117** | 4.5210** | 0.9819 | 2.6419* |
| | Error | 28 | — | — | — | — |
| | Total | 44 | — | — | — | — |
| 2nd Crop | Block | 2 | 0.0746 | 5.2773* | 2.0678 | 0.1631 |
| | Variety | 14 | 5.8920** | 219.8320** | 2.8584** | 8.5463** |
| | Error | 28 | — | — | — | — |
| | Total | 44 | — | — | — | — |
| Indica type | | | | | | |
| 1st Crop | Block | 2 | 0.3254 | 0.3728 | 3.2042 | 0.3572 |
| | Variety | 14 | 1.4382 | 1.1389 | 6.0260** | 4.7493** |
| | Error | 28 | — | — | — | — |
| | Total | 44 | — | — | — | — |
| 2nd Crop | Block | 2 | 0.7176 | 0.3038 | 0.1180 | 0.0470 |
| | Variety | 14 | 26.8112** | 2.5705* | 1.2070 | 2.0329 |
| | Error | 28 | — | — | — | — |
| | Total | 44 | — | — | — | — |

Note : *, ** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

**表3.** 水稻各生育期葉面積指數與產量及產量構成要素之相關係數

**Tabie 3.** Correlation coefficient of leaf area index at varions growth stages and yield and yield components

| Growth stage | Type | Yield Components: Panicles/hill 1st Crop | Panicles/hill 2nd Crop | Spikelets/panicle 1st Crop | Spikelets/panicle 2nd Crop | Ripened grain (%) 1st Crop | Ripened grain (%) 2nd Crop | 1000-grain-weight (g) 1st Crop | 1000-grain-weight (g) 2nd Crop | Yield 1st Crop | Yield 2nd Crop |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Booting Stage | Japonica | 0.7819** | 0.6532** | 0.7336** | 0.6675** | − 0.0785 | − 0.1769 | 0.2600 | 0.1400 | 0.4960 | − 0.2400 |
| | Indica | 0.9233** | 0.8441** | 0.8635* | 0.5738* | 0.1822 | 0.2968 | 0.3000 | 0.0660 | 0.4870 | 0.4810 |
| Heading Stage | Japonica | 0.7049** | 0.7537** | 0.3655 | 0.2203 | − 0.0530 | 0.3255 | 0.4800 | 0.0730 | 0.5430* | 0.5570* |
| | Indica | 0.7141** | 0.8105** | 0.4052 | 0.3033 | 0.4627 | 0.5944* | 0.1500 | 0.4900 | 0.6630* | 0.6250* |
| Milk-ripe Stage | Japonica | 0.3462 | 0.2743 | 0.3894 | 0.2369 | − 0.0782 | − 0.0095 | 0.5431* | 0.6425** | 0.6885** | 0.7376** |
| | Indica | 0.5702* | 0.1581 | − 0.0907 | 0.2396 | 0.3800 | 0.3582 | 0.5683* | 0.6675** | 0.6195** | 0.8539** |
| Dough-ripe Stage | Japonica | 0.1044 | 0.2796 | 0.0702 | 0.1512 | − 0.1863 | 0.0783 | 0.6856** | 0.5240* | 0.5505* | 0.6836** |
| | Indica | 0.4927 | 0.4762 | − 0.3704 | 0.0641 | 0.1783 | 0.3615 | 0.5627* | 0.6110* | 0.5694* | 0.9300** |

Note : *, ** : Significant at 5% and 1% level, respectively.

**表4.** 水稻各生育期葉面積指數與全乾物重（葉＋葉鞘＋莖＋穗重）之相關係數

**Tabie 4.** Correlation Coefficient of leaf area index (LAI) at various grovth stages and total dry weight (stem+leaf sheath+leaves +panicles) in rice plants

| Type | Crop | Growth Stage: booting stage | heading stage | milk-ripes | dough sipt stage |
|---|---|---|---|---|---|
| Japonica | 1st Crop | 0.3180 | 0.5588* | 0.8105** | 0.7434** |
| | 2nd Crop | 0.4646 | 0.5712* | 0.7016** | 0.5900* |
| Indica | 1st Crop | 0.4801 | 0.8274** | 0.9162** | 0.7077** |
| | 2nd Crop | 0.3267 | 0.7051** | 0.8111** | 0.8277** |

Note : *, ** : Significant at 5% at 1% level , respectively.

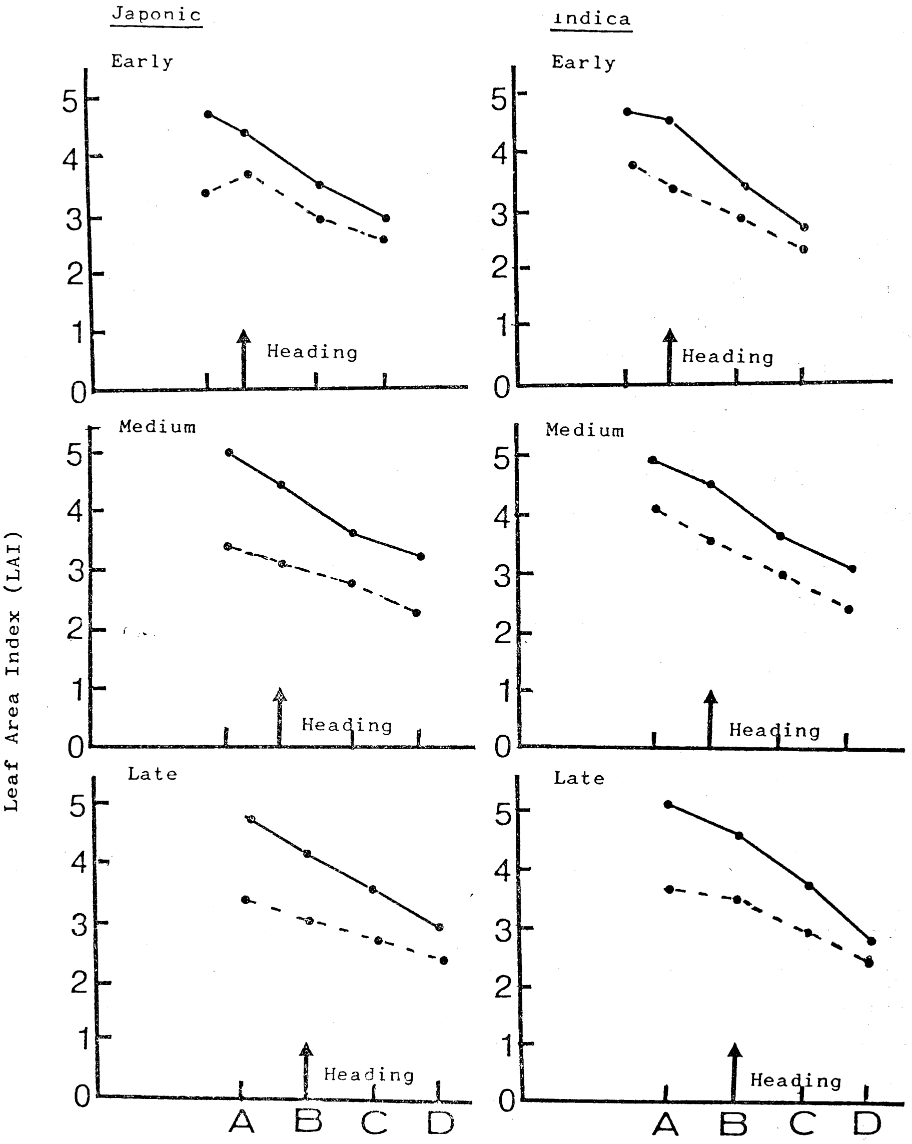


圖1.一、二期作水稻各生育時期之葉面指數

**Fig. 1.** Leaf area index in rice plants of the first crop (solid lines) of 1981 and the second crop (dashed lines) of 1980 at (A) booting stage, (B) heading stage, (C) milk-ripe stage, and (D) dough-ripe stage.

由圖1生育各期葉面積指數變化情形顯示只有二期作稉稻早熟品種於抽穗期葉面積指數達峯，其他兩期作秈稉稻品種皆於孕穗期葉面積指數最高，然後隨着生育期之後移呈現逸減現象，與村田[5]以水稻早、中、晚熟品種孕穗後各生育時期葉面積指數變化之關係圖相類似，但其早熟品種之葉面積指數於抽穗期爲高峯，與本試驗之一、二期作秈稻早熟品種及一期作稉稻早熟品種結果迴異，這可能與品種特性或區域性有關。

由圖1得知，一二作秈稉稻各生育時期之葉面積指數皆高於二期作，而表2所示各生育時期葉面積指數期作間皆差異極顯著，或許與兩期作穗數之差異有關，也可能是構成秈稉稻一期作產量高於二

期作之原因之一。本試驗一期作秈稉稻之平均穗數17.24，大於二期作之平均穗數15.17，謝 [1] 於臺北之水稻試驗，二期作之葉面積指數反而高於一期作，乃因其二期作各生育期之穗數高於一期作所致，即穗數與葉面積指數關係密切。

IRRI [9,11] 以水稻品種 IR747B2-6 作試驗，自孕穗期至穀粒充實期間葉面積指數爲12～13，而幼穗形成後20天之間，在自然日射下，葉面積指數 6 可得最大的乾物生產量；津野 [4] 認爲水稻葉片生育最茂盛關期即孕穗期或抽穗期，葉面積指數 5～7，對於物質生產最合適；松島 [6] 也認爲一般水稻在齊穗期葉面積指數 5～7 最適合乾物之生產；村田 [5] 指出水稻抽穗後之乾物增加量，在穀粒充實期間之葉面積指數 3 爲最適合。表 1 所示一期作秈稻孕穗期葉面積指數最高之品種爲臺中在來 1 號 [5,45]，而稉稻品種孕穗期葉面積指數最高是臺東 29號 [5,11]，其他一、二期作孕穗期秈稉稻大部份品種之葉面積指數都低於 5。而一、二期作抽穗期秈稉稻品種葉面積指數最高爲高雄秈 7 號5.02，其他品種皆小於 5，而且抽穗後20天左右之糊熟期葉面積指數秈稉稻30個品種之總平均一、二期作分別爲2.99與2.46，特別是二期作所有品種之葉面積指數都小於 3，葉面積指數最低者爲新竹 56號 1.76。謝 [1] 在臺北近郊南港以水稻品種臺中65號作試驗，一、二期作穀粒充實期葉面積指數低於 4，穀粒充實後期小於 3，由此可知本省水稻穀粒充實期之葉面積偏低，但這可能與品種特性，區域性或管理方式有關。津野 [4] 曾指出水稻的物質生產量爲葉面積指數與葉片的生產效率之乘積，因此一、二期作秈稉稻於孕穗後至穀粒充實期，在不影響羣落光照環境之下儘可能增大其葉面積指數，當有助於水稻的物質生產。

表 3 爲水稻孕穗期與孕穗後各生育期之葉面積指數與產量及產量構成要素之相關性。由表 3 可知一、二期作秈稉稻於孕穗期葉面積指數與穗數或一穗穎花數有顯著之正相關，這與謝 [1] 水稻試驗的結果相類似，但其一、二期作孕穗期之葉面積指數與結實率呈顯著之負相關，而本試驗一、二期作孕穗期之葉面積指數與充實率，千粒重或產量之相關不顯著。一、二期作秈稉稻抽穗期葉面積指數與穗數或產量皆有顯著之正相關，而葉面積指數與一穗穎花數或千粒重雖呈正相關，但並未達顯著水準。IRRI [10] 報告於抽穗期葉面積指數與穗數、穎花數、百粒重或產量皆呈現正相關的趨勢，而葉面積指數與充實率則看不出有任何的相關性；但本試驗由表 3 所示秈稉稻二期作抽穗期之葉面積指數與充實率皆有正相關，特別是秈稻葉面積指數與充實率呈顯著之正相關，而秈稉稻一、二期作在抽穗期或抽穗後之乳熟期期與糊熟期之葉面積指數與千粒重或產量皆呈顯著之正相關 Murata [12] 在 IBP 計畫試驗裡 1967,1968連續兩年水稻區域性試驗也顯示抽穗期之葉面積指數與產量呈極顯著之正相關。

由以上結果可知，提高水稻葉面積指數爲增產有效途徑之一。謝 [1] 水稻試驗結果顯示水稻生育初期葉面積指數與穗數或一穗穎花數有顯著之正相關；而津野 [4] 與松島 [6] 認爲水稻生育初期氮肥可促進分蘖與增大水稻之葉面積，同時能保持必要的穎花數，因此一、二期作水稻生育初期施適量的氮肥，能增大葉面積，有助於物質生產量的提高。

前報 [2] 的試驗結果顯示兩期作秈稉稻自孕穗後至穀粒充實期之葉片全氮濃度呈逸減的現象。石塚及田中 [3] 認爲水稻幼穗形成期至穀粒充實期葉片氮素濃度的降低是由於氮素從葉片轉流至稻穗所致。武田等 [7,8] 指出穗肥可以補充水稻穀粒充實期葉片氮素轉移至穗部形成葉片氮素的不足，即提高水稻穀粒充實期葉片氮素的含量，又認爲水稻穀粒充實期間葉片氮素含量較高者可減少葉面積指數與光合成速度的降低。 IRRI [10] 的報告也認爲水稻自開花趣收穫期有充分的葉面積指數可增加乾物重，而本試驗結果表 4 也顯示水稻穀粒充實期葉面積指數與乾物重呈顯著之正相關。因此適當施穗肥可提高水稻穀粒充實期之葉面積指數，增强乾物生產力。

由圖 1 可知一、二期作孕穗後各生育期水稻葉面積指數之變化情形與前報 [2] 孕穗後各生育時期之水稻葉片全氮濃度與葉色值遞減的趨勢很相似，這可能與葉片老化有關 Ray Chondhuri [13] 認爲 Cytokinin 與 kinetin 可延遲水稻老化。使用植物 Hormone 有緩慢水稻葉片老化的可能。

育種方面建議育成穀粒充實期間水稻葉片不易老化並能保持適當葉面積指數與葉片氮素含量較高

之品種。由表二可知一、二期作秈稉稻於穀粒充實期間之葉面積指數在大部份的生育時期有顯著之品種間差異；而前報 [2] 所示，孕穗後各生育時期葉片的全氮濃度有極顯著之品種間差異。因此要使用穀粒充實期間仍保持較大之葉面積指數與較高葉片含氮量之品種為育種材料不會困難。

## 引用文獻


1. 謝昱暲，1978。硝酸態氮及氨態氮對水稻羣落光合作用構成因子與產量構成因素的影響。科學發展月刊 VI (9)：828-841.
2. 蔡金川，1982。水稻葉色與葉片全氮濃度之品種間差異。中華農業研究31（3）：246—253。
3. 石塚喜明田中明，1963。水稻の榮養生理。養賢堂。
4. 津野幸人，1970。イネの科學——多收技術の見方考元方。農山漁村文化協會。
5. 村田吉男，1961。水稻の光合成とその栽培學的意義に關する的研究。農技研報 D11：1-169.
6. 松島省三，1975。稻作の改善と技術。養賢堂。
7. 武田友四郎、翁仁憲、縣和一，1980。水稻の子實生產に對する實肥の效果。日本作物學會九州支部會報 47 別冊59—63。
8. 武田友四郎，岡三德 縣和一。1983 暖地にあける 水稻品種の物質生產に關する研究 第1報明治以降の新舊品種の乾物生產特性。日作紀52（3）：299—306。
9. International Rice Research Institute. 1964. Annual Report, pp. 54-57. Los Banos, Philippines.
10. InternationalRPice Research Institute 1970. Annual Peport, pp. 30-140. Los Banos, Philippines.
11. International Rice Research Institute 1973. Annual Peport, pp. 48-51 Los Banos, Philippines.
12. Murata, Y. and Z. Togari. 1972. Analysis of the effect of Climatic factor upon the productivity frice at different localities in Japan. Proc. Crop Sci. Soc Japan 41：372-387.
13. Ray, S. and M. A. Chondhuri 1981. Mobilizatian of Metabolites from leanes to grain as the Cause of Monocarpic senescence in Rice. Plant Physiol. 68：1345-1348.

# Studies on the Relationships Between Leaf Area Index and Yield in Rice Plants[1]

Jin-Chuan Tsai[2]

**Summary**

Fifteen Japonica and 15 Indica varieties were grown under natural conditions at the experiment farm of Taiwan Agricultural Research Institute in Wu-Feng, Taichung, to investigate the reelationships between leaf area index (LAI) at 4 stages (booting, heading, milk and dough-riping) and the yield and yield components.

The rsults showed that both the medium and late maturing varieties attained highest LAI value at booting stage and decreased thereafter, but a part of early maturing varieties reached maximum LAI value at heading state.

The LAI of Japonica varieties were significantly different at all stages except milk stage of the 2 nd crop. The LAI of Indica varieties at milk and dough-ripe stages of the 1st crop, booting and heading stages of the 2nd crop were also significantly different.

The LAI at the stages of heading through dough-ripe showed a significant positive correlation with yield and 1000-gram wight in both crop seasons and for both rice types, suggesting that the sufficient LAI could increase the grain yield.

---

1. Contribution No. 1152 from Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431 ROC.